

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-210868

(43)Date of publication of application : 03.08.2001

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 2000-388352

(71)Applicant : LUMILEDS LIGHTING US LLC

(22)Date of filing : 21.12.2000

(72)Inventor : WIERER JONATHAN JR  
KRAMES MICHAEL R  
RUDAZ SERGE L

(30)Priority

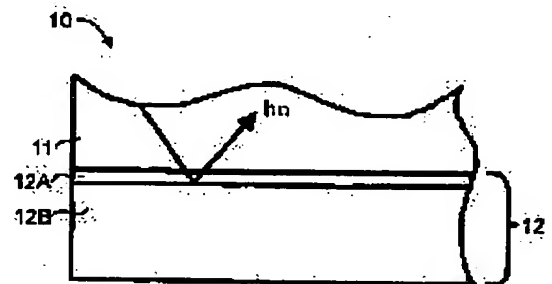
Priority number : 1999 469652 Priority date : 22.12.1999 Priority country : US

## (54) MULTILAYER/HIGH REFLECTIVITY OHMIC CONTACT POINT FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multilayer contact point for a photoelectric device such as a light emitting diode(LED).

SOLUTION: In a visual spectrum (400 nm to 750 nm), the ohmic contact point of high performance and high reflectivity has a following multilayer metallic profile. Namely, a uniform and thin ohmic contact point material is deposited and it is alloyed on a semiconductor surface as an option. A thick reflector layer which is selected from a group including Al, Cu, Au, Rh, Pd and Ag and is combined by any multilayers is deposited on the ohmic contact point material.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-210868  
(P2001-210868A)

(43)公開日 平成13年8月3日(2001.8.3)

(51)IntCl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I  
H 0 1 L 33/00

キーワード(参考)  
E  
C

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-388352(P2000-388352)  
(22)出願日 平成12年12月21日(2000. 12. 21)  
(31)優先権主張番号 0 9 / 4 6 9 6 5 2  
(32)優先日 平成11年12月22日(1999. 12. 22)  
(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 500507009  
ルミレッズ ライティング ユーエス リ  
ミテッドライアビリティ カンパニー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95131 サン ホセ ウェスト トリンプ  
ル ロード 370  
(72)発明者 ジョナサン ウィーラー ジュニア  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94087 サニーヴェイル イースト フリ  
ーモント アベニュー 880-204  
(74)代理人 100059959  
弁理士 中村 稔 (外9名)

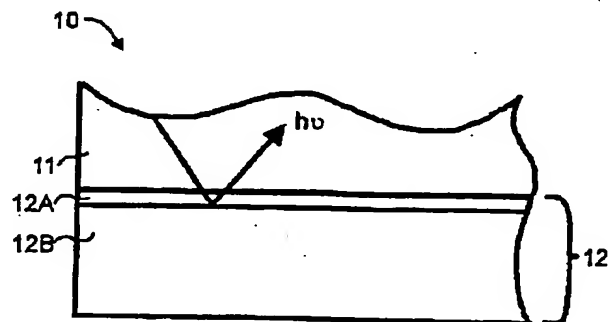
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体デバイス用多層・高反射性オーミック接点

(57)【要約】

【課題】 発光ダイオード (LED) のような光電子デ  
バイスのための多層接点を提供することである。

【解決手段】 可視スペクトル (400nm~750nm) に  
おいて、高性能で、高度に反射性のオーミック接点は、  
以下のような多層金属プロファイル有している。即ち、  
均一で且つ薄いオーミック接点材料が堆積され、オプシ  
ョンとして半導体表面に合金化される。Al、Cu、A  
u、Rh、Pd、Agを含むグループから選択された、及び  
何等かの多層組合せの厚い反射器層がオーミック接点材  
料の上に堆積される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光デバイスであって、  
少なくとも1つのp及び1つのn型層を有する半導体材料のヘテロ構造と、  
上記p型層に電気的に接続されているp接点、及び上記n型層に電気的に接続されているn接点と、を備え、  
上記p及びn接点の一方は、少なくとも1つのオーミック接点層及び1つの反射器層を有する多層接点である、  
ことを特徴とする発光デバイス。

【請求項2】 上記多層接点は、75%より大きい反射率を有していることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項3】 上記多層接点は、 $10^{-2} \Omega\text{-cm}^2$ より低い比接触抵抗を有していることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項4】 上記多層接点は、上記オーミック接点層と上記反射器層との間に挿入されているバリヤー層を更に備えていることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項5】 上記反射器層は、500Åより大きい厚みを有していることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項6】 上記オーミック接点層は、200Åより小さい厚みを有していることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項7】 上記反射器層は、Al、Cu、Rh、Pd、及びAuを含むグループから選択されることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項8】 上記p及びn接点は、上記ヘテロ構造の両面上にあることを特徴とする請求項1に記載のデバイス。

【請求項9】 上記オーミック接点層は、Ni及びAgを含むことを特徴とする請求項8に記載のデバイス。

【請求項10】 上記反射器層は、Agであることを特徴とする請求項8に記載のデバイス。

【請求項11】 発光半導体デバイスであって、  
少なくとも1つのp及び1つのn型層を有するGaNをベースとするヘテロ構造と、  
上記p型層に電気的に接続されているp接点、及び上記n型層に電気的に接続されているn接点と、を備え、  
上記p及びn接点の一方は、少なくとも1つのオーミック接点層及び1つの反射器層を有する多層接点である、  
ことを特徴とする発光半導体デバイス。

【請求項12】 上記多層接点は、75%より大きい反射率を有していることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項13】 上記多層接点は、 $10^{-2} \Omega\text{-cm}^2$ より低い比接触抵抗を有していることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項14】 上記多層接点は、上記オーミック接点

層と上記反射器層との間に挿入されているバリヤー層を更に備えていることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項15】 上記反射器層は、500Åより大きい厚みを有していることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項16】 上記オーミック接点層は、200Åより小さい厚みを有していることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項17】 上記反射器層は、Al、Cu、Rh、Pd、及びAuを含むグループから選択されることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

【請求項18】 上記オーミック接点層は、Ti、Au/NiO、及びNi/Auからなるグループから選択されることを特徴とする請求項11に記載のデバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオード(LED)のような光電子デバイス上の電気接点に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 発光ダイオード(LED)のような光電子デバイスは、外部信号にตอบสนองして光を放出する。典型的なLEDは、液相、水素化物相、分子ビーム、及び金属・有機物層エピタキシのような成長技術を介してホスト基体上に堆積されたヘテロ構造である。ヘテロ構造は、光を発生する活性層をサンドウィッチしているn及びp型半導体層を含んでいる。電気接点は、n及びp型半導体層に取付けられる。接点にまたがって順方向電圧が印加されると、電子及び正孔がn及びp型半導体層から活性領域内へ注入される。電子及び正孔が1つまたは複数の活性層内で放射的に再結合すると、光が発生する。

【0003】 壁プラグ(wall-plug)効率は、印加した電力と発生した光パワーの量との比である。デバイスの総合効率を最大にすることによって、高い壁プラグ効率を達成することができる。デバイスの総合効率は、注入、内部量子、及び光抽出効率を含むデバイスのいろいろな効率の積である。初めの2つのパラメータは、デバイスの材料品質(エピタキシャル成長及び電子バンド構造)に依存し、一方光抽出効率はジオメトリ及びデバイス内に存在する全ての光吸収に依存する。光抽出効率は、LEDを去る光の量と、LEDの内部で生成された光の量との比である。光抽出効率を増加させる1つの方法は、吸収を減少させ、光を有用(高い抽出)方向へ再び導くことである。従って、デバイス内の吸収通路は回避すべきであり、光をデバイスの適切な脱出コーン内へ散乱させるべきである。脱出コーンの角度は、光発生半導体及び出口媒体の屈折率に依存する(例えば、GaNから空気への場合、脱出コーンの角度は25°である)。

電気接点は、典型的なLEDにおける光吸収の1つの例である。従って、吸収を減少させることが好ましく、若干のデバイスの場合にはこれらの電気接点における反射率を増加させることも好ましい。これは、接触抵抗と妥協することなく行わなければならない。電気接点における抵抗は無駄なエネルギー（電気）をもたらす、従って壁プラグ効率を低下させる。

【0004】LEDにおいては、高度に反射性のオーミック接点が望ましい。これらの型の接点を得ようとして、多くの従来技術のアプローチが存在している。最も簡単な方法は、厚いオーミック接触金属のシートを使用することである。この厚いシートが、接点及び反射器として働く。良好な反射器は、入射半球形等方性光源からの吸収が25%より少ない反射器である。従って、等方性の光は、この媒体（例えば、>75%の最大反射）から反射した後にその強度の25%より少ない強度を失うことになる。全可視スペクトル（400~750nm）にわたる場合、要求に適合する金属として2つ、即ちAl及びAgが残される。可視スペクトルの一部分だけで動作する他の金属は、Au、Rh、Cu、及びPdである。単一の厚いシートが好ましいのであるが、これらの金属が、選択された材料システムと良好なオーミック接触するとは限らない。Auは電気移動するために、またCuはそれが光発生活動領域内へ拡散して若干の半導体材料内に深いレベルを作り、光出力を妨害するために、これらの金属を使用するには付加的な信頼性の問題がある。

【0005】ChaiらのU.S.P.N. 4,355,196に開示されている1つの従来技術のアプローチは、オーミック接点金属をパターン化し、パターン化されたオーミック金属に反射性金属を被せることである。Chaiらは、反射性接点を太陽電池デバイスに用いることを教示しているが、このアイデアはLEDを含む全ての他の光電子デバイスに拡張することができる。このパターン化された接点は、電流を横方向に効率的に広げない半導体層（即ち、固有抵抗 $\rho$ が $0.5\Omega\cdot\text{cm}$ より大きいp-GaNのような低導電率半導体）を有するデバイス上に使用する場合には有利ではない。低導電率半導体は、パターン化された接点から電流を効率的に広げることができないので、電気キャリアは、デバイスの光を発生する活性領域内に均一に注入されない。不均一な注入は、デバイスの壁プラグ効率を低下させる。また、接点をパターン化するには、付加的な、複雑な処理ステップが追加される。パターンのどのような不均一性も、不均一な電流注入及び光生成として現れてくる。

【0006】低導電率半導体デバイスの場合、オーミック接点は均一なシートであることが必要である。この型のアプローチは、AegenheisterらのEP0051172に開示されているが、低導電率半導体デバイス内の不均一注入の理由からではない。この特許は、200Å厚のAu/Ge（比は99:1）オーミック接点層の使用を教示してい

る。このオーミック接点層は、長波長放出デバイスにとっては薄い、可視スペクトルを放出するデバイスにとっては厚過ぎる（即ち、505nmにおける吸収は $\approx 29\%$ ）。また、被せられた反射性金属はAgである。Agは、湿気のある環境での（加速）寿命試験において高電界で動作するデバイス内で電気移動し（p接点として使用した場合）、従ってデバイスを短絡させ、デバイスを役立たなくさせることが知られている。従って、電気移動する電気接点は、市販用LEDにおいては有用ではない。多層高反射性オーミック接点も、P. M. MenszらにElec. Lett., 33, 2066-2068 (1997)に記述しており、これに記述されている接点は、GaNをベースとするLEDの場合、p-GaNに対してNi/AlまたはNi/Agである。このアプローチも、その動作順方向電圧（ $V_f$ ）が（ $300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ の接触面積の場合）20mAにおいて5Vであることが問題である。この電圧は、そのサイズのGaN LEDにとっては1.5~2.0V高過ぎ、その接触がオーミックではないこと、及び比接触抵抗が高過ぎることを表している。付加的な接触抵抗は、LEDデバイスの壁プラグ効率を低下させる。

【0007】

【発明の概要】高性能で、可視スペクトル（400nm~750nm）において高反射性のオーミック接点は、次のような多層金属プロファイルを有している。第1に、均一なオーミック接点材料が堆積され、オプションとして半導体表面に合金化される。このオーミック接点材料は、それに関連する何等かの吸収を減少させる（25%以下）ように薄くする（ $<200\text{\AA}$ ）が、比接触抵抗を $10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 以下に保つように十分に厚くする。低接触抵抗は、順方向動作電圧を低くし、抵抗性電気損失を低下させることを保証する。75%より大きい反射率を達成するためのオーミック接点金属の最大厚みは、反射器材料の型に大きく依存する。Al、Cu、Au、Rh、Pd、Agを含むグループから選択された反射器層、及び何等かの多層組合せが、オーミック接点材料上に堆積される。適切な反射器層は、接触したデバイスの動作波長において入射半球形等方性光源から<25%（反射率>75%）の吸光度を有する組合わされた多層接点反射率をもたらす。金属の反射率は厚みと共に急速に且つ漸近的に増加するので、最大反射を達成するためには反射器層は500Åより大きくすべきである。また厚い反射器層は、特に $0.5\Omega\cdot\text{cm}$ より大きい固有抵抗 $\rho$ を有する低導電率半導体において、電流をデバイス全体に均一に広げる優れた方法でもある。Agは高反射性であるが、高電界及び湿った環境において電気移動する。従って、信頼性の問題から、Agは動作電界が低い実施の形態においてのみ使用される。

【0008】代替実施の形態においては、オーミック層及び反射器層拡散によって金属間生成物（インターメタリックス）が作られ、それらがデバイスを望ましくなく

劣化させるのを防ぐために、バリアー層をオーミック層と反射器層との間に挿入する。バリアー金属に関連する吸収を25%以下に保つために、薄いバリアー金属(<10 Å)を使用することが望ましい。

#### 【0009】

【実施の形態】本発明は、高反射率、低比接触抵抗、及び高信頼性を提供する多重材料層からなる多層接点である。図1は、多層接点12を有する半導体デバイス10の実施の形態の断面図である。多層接点12は、オーミック層12A及び反射器層12Bを含む。オーミック層12A及び反射器層12Bは組合って、半導体構造11への高度に反射性のオーミック電気接点を形成する。これらの多層反射接点層12は、いろいろな光電子半導体構造11に使用することができる。

【0010】オーミック層12Aは、半導体11との良好なオーミック接触を与える少なくとも1つの層である。良好なオーミック接触は、半導体/金属界面を横切って電流が流れる時に、その界面にまたがる電圧降下(線形I-V)を最小にする。比接触抵抗は半導体及び接点材料に大きく依存して変化するが、良好なオーミック接点は $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$ より低い比接触抵抗を有しているべきである。オプションで半導体表面に合金化することができるオーミック層12Aは、半導体デバイス10内で生成される光の吸収を最小にする(25%より少なくする)ように薄い、比接触抵抗を $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$ より低くするように十分に厚い。オーミック層12Aの組成は、半導体構造11のために使用される材料システムに依存する。オーミック層12Aの厚みは、層を薄くした時にどれ程比接触抵抗が増加するかに依存する。

【0011】p型GaN材料システムの場合には、オーミック層の組成は、Au、Ni、Pt、Pd、Ti、W、Cr/Au、Ni/Au、Au/NiO、Pt/Au、Pd/Au、Co/Au、Cu/Au、Ni/Pt、Ni/AuZn、Cr/AuZn、Ni/Cr/Au、Ni/Pt/Au、Pt/Ni/Au、Pd/Pt/Au、及びTiAlNiAuを含むグループから選択される。図2は、p-GaN接点の場合に、オーミック層の厚みを薄くすると、接触抵抗がどのように増加するかの例を示している。オーミック層はAu/NiOであり、Alが反射器層である。AuはNiO層内に混合されている。いろいろなAu/NiO層の厚みを検討し、Au(NiO)の厚みに対する(接触面積=250 $\mu\text{m} \times 350 \mu\text{m}$ ) 20mAにおける順方向動作電圧( $V_f$ )、及び接点/p-GaN界面にまたがるバリアー電圧( $V_b$ )を測定した。Au/NiO接点は、高温(575°Cより高い)の湿った $\text{N}_2/\text{O}_2$ (80%/20%)雰囲気内でNi/Auの二層(厚み比=2/1)を酸化させ、焼鈍することによって形成されている。この酸化及び焼鈍によって、Auと混合されたNiOのオーミック層が形成される。酸化後にAlが堆積され(≒1500Å)、フォトリソグラフィ及びエッチングによって接点がパターン化される。 $V_b$ 測定

は、p-GaNへの2つの接点間に電圧を印加し、p-GaN及び接触界面を横切る電流の流れを測定し、そして線形高電流体系を切片(0電流)に補外することによって遂行する。上記所与の接触面積の場合、 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$ より低い比接触抵抗は、50mVより低い $V_b$ を有している。 $V_f$ 測定は、電圧プローブの一方をn-GaN層に、また他方をp-GaN接点に取付け、それらにまたがって電圧を印加することによって遂行する。低比接触抵抗を有するGaN LEDの場合には、20mAにおける $V_f$ は3.5Vより低くすべきである。従って低比接触抵抗の場合に必要なAu(Ni)の最適厚みは、≒20~35Å(40~70Å)である。

【0012】n型GaNシステムの場合には、オーミック層の組成は、Ti、W、Ti/Al、TiW、W/Al、TiWAl、V、V/Al、及びPdを含むグループから選択される。n-GaNへのTi/Al(30Å/15Å)多層接点、及びAu/NiO/Alのp-GaN接点を有するGaN LEDを製造したところ、1000 $\mu\text{m} \times 1000 \mu\text{m}$ の接触面積を用いて350mAにおいて $V_f=3.0\text{V}$ であった。このTi/Al接点は、79%の反射率を有している。

【0013】p型GaPシステムの場合、オーミック層の組成は、Au/Be、Au/Zn、Pd/Zn/Pd、Au/Mg、Ni/Au/Be、Ni/Au/Zn、Ni/Au/Mg、及びIn/Znを含むことができる。n型GaPシステムの場合、オーミック層の組成は、Au/Ge、Au/Ni、Au/Si、Au/Sn、Au/Te、In、In/Al、In/Sn、Ni/Si、Si/Pd、Pd/In、Ni/Ge/Au、Ni/Si/Au、及びSnを含むことができる。n型GaAsシステムの場合、オーミック層の組成は、Ge/Au、Ge/Au/Ni/Au、Au/Sn、Au/Te、In、In/Au、In/Ni、Pd/Ge、Sn/Ni、及びSn/Sbを含むことができる。n型SiCの場合、オーミック層の組成は、Pd、Pt、Al/Si、Ti、Au、Ni、Cr、Ti/Si、TaSi、及びSi/Niを含むことができる。

【0014】反射器層12Bは、Al、Cu、Rh、Au、Pd、及びAgを含むグループから単独で、及び何等かの組合せで選択される。Agは、電気移動の問題があるために、特別な場合に使用される。AlはAg程酷く電気移動しないので、反射多層接点内により信頼可能に使用することができる。Alを反射器として使用すると、75%より大きい反射率を達成するための可視領域におけるオーミック層の最大厚みは、Rhの場合には150Å、Cuの場合には200Å、Auの場合には100Åである。吸収率がより大きいオーミック接点金属は、可視スペクトルにおいて100Åより小さくする必要がある。反射器層は、光を通過させないように、従って最大反射率を達成するように500Åより厚くする。この層は、光反射器として働くだけでなく、その厚みから、横方向への電流の広げの大部分をも受け持つ。典型的にはオーミック層12Aは、それ自体が電流を効果的に広げるには薄過ぎるの

で、これは有益である。光電子デバイス内の厚い反射器層 ( $>500\text{\AA}$ ) によって電流を広げること、低  $V_r$  (低めの広がり抵抗) を含む多くの利点を有している。また反射器層は、半導体構造表面の表面粗さによって生ずる多層接点内の何等かの不連続を接続する。

【0015】  $\text{Au}/\text{NiO}/\text{Al}$  接点は、高い反射率を有する多層接点である。図3は、( $505\text{nm}$ における) パス当たりの理論的平均吸収、及び  $\text{p-GaN}/\text{Au}/\text{NiO}/\text{Al}$  接点の場合の ( $20\text{mA}$ における)  $V_r$  を示している。Alの厚みは、 $\approx 1500\text{\AA}$  に一定に保ち、堆積される  $\text{Ni}/\text{Au}$  の厚みは、厚み比を  $2/1$  に保ちながら変化させる (酸化及び焼鈍の前)。  $\text{Au}/\text{NiO}$  接点層を薄くするにつれて、接点は  $\approx 13\%$  の最小1パス等方性吸収 (最大反射) に近づく。また上述したように、 $\text{Ni}/\text{Au}$  の厚みを減少させるにつれて、比接触抵抗が増加するために  $V_r$  が増加する。これは、比接触抵抗と反射率との間のトレードオフを表している。多層接点の反射を最大にしなが、低比接触抵抗を保存するように、最も薄いオーミック層を決定するためにこの最適化技術を適用することができる。また接点のこの最適化は、高い壁プラグ効率を有するデバイスを保証する。

【0016】 図4は、複数の接点層 22A、22B、及び 22C を有する半導体デバイス 20 への多層接点 22 の代替実施の形態を示している。バリアー金属層 22B が、オーミック層 22A と反射器層 22C との間に挿入されている。バリアー層 22B は、オーミック層 22A が反射器層 22C 内へ拡散するのを防ぎ、従って金属間生成物の形成を防ぐ。これらの金属間生成物は、接点の比接触抵抗及び反射率を劣化させ、従ってデバイスの効率を低下させる。これは、長寿命デバイスにとっては回避しなければならない信頼性の問題である。バリアー金属層は、光吸収を最小にするために例えば  $<100\text{\AA}$  のように薄く保つべきであり、また接点の反射率に寄与するために可能な限り反射性にすべきである。的確な金属はオーミック層 22A 及び反射器層 22C に依存して変化するが、若干の候補は、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{TiW}$ 、 $\text{WSi}$ 、 $\text{WSi:N}$ 、 $\text{TaSi}$ 、 $\text{TaSi:N}$ 、 $\text{InSnO}$ 、または  $\text{TiW:N}$  を含む。オーミック層 22A 及び反射器層 22C は、第1の実施の形態における説明と同一の機能を提供する。

【0017】  $\text{p-GaN}$  材料システムに適する上記代替実施の形態の多層接点の例は、オーミック層 22A として  $\text{Ni}/\text{Au}$  を、バリアー金属層 22B として  $\text{Rh}$  を、そして反射器層 22C として  $\text{Al}$  を有している。  $\text{Au}/\text{NiO}/\text{Al}$  接点におけると全く同様に、良好なオーミック接触を得るために、 $\text{Au}$  は  $\approx 20\text{--}35\text{\AA}$  厚であることが好ましい。  $\text{Au}$  を  $\text{Al}$  から分離するために、 $\text{Rh}$  は  $\approx 25\text{--}50\text{\AA}$  厚であることが好ましい。  $\text{Ni}/\text{Au}/\text{Rh}/\text{Al}$  ( $10\text{\AA}/30\text{\AA}/50\text{\AA}/2200\text{\AA}$ )  $\text{p-GaN}$  接点、及び  $\text{Ti}/\text{Al}$   $\text{n-GaN}$  接点を有する  $\text{GaN LED}$  は、 $350\times 250\mu\text{m}$

<sup>2</sup> ダイスの場合に  $20\text{mA}$  において  $V_r=3.2\text{V}$  を有している。この接点の反射率は  $75\%$  である。

【0018】 図5は、垂直電流  $\text{LED}$  構造を示している。多層接点は、導電性基体 35 を有する  $\text{LED}$  デバイス 30 の底側に位置しているので、別の接点をデバイスの反対側に配置して垂直電流 (接点に対して直角) 通路を作ることができる。上側接点 31 は吸収を最小にするために、小面積の接点、または薄い全面シート (図示していない) の何れかである。上側接点 31 は、 $\text{LED}$  の  $\text{n}$  または  $\text{p}$  型半導体層 32 への電気接点層である。光を発生する活性領域 33 は、上側及び下側の  $\text{n}$  または  $\text{p}$  型半導体層 32、34 の間に挿入される。図1または4の何れかに示す多層接点は、オーミック接点層 36、反射器層 38、及びバリアー層 (代替実施の形態に存在する) 37 として使用することができる。

【0019】 別の構成では、図5に示す上側接点 31 も、図1及び4の何れかに示したような多層接点である。

【0020】 可視領域において最大の反射率を有する材料は  $\text{Ag}$  である。  $\text{Ag}$  は、湿った環境 (加速) 寿命試験において動作するデバイスでは電気移動し、従ってデバイスを短絡させ、それを役立たなくさせることが知られている。市販  $\text{LED}$  の場合には、デバイスは  $10,000$  時間以上の寿命を有していることが望まれる。垂直導電構造のような  $\text{LED}$  (図5) は、十分に低い十分な電界 ( $E \leq 500\text{V/cm}$ ) で動作するので、この時間フレーム内では  $\text{Ag}$  移動による短絡は発生しない。これらの低電界状態の下では、反射器層 38 及びオーミック層 36 内に  $\text{Ag}$  を使用することができる。

【0021】 多層接点を有する  $\text{LED}$  デバイス 40 の代替構成を図6に示す。横方向電流 (接点に平行) で動作するデバイスを得るために基体 41 は非導電性であるので、接点はデバイスの同一側に取付けられる。これは、下側導電性  $\text{n}$  または  $\text{p}$  型層をエッチングによって露出させることによって可能にされる。光を発生する活性領域 43 は、上側及び下側の  $\text{n}$  または  $\text{p}$  型層 42、43 の間に挿入されている。図1または4に示す何れかの多層接点を、オーミック接点層 45、48、反射器層 47、50、及びバリアー層 (代替実施の形態に存在する) 46、49 として使用することができる。

【0022】 図6において、 $\text{LED}$  デバイス 40 は、サファイア基体 41 上に成長させた  $\text{GaN}$ 、 $\text{InN}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{InGaN}$ 、 $\text{AlGaN}$ 、 $\text{AlInN}$ 、または  $\text{InAlGaN}$  のような材料である層 42、43、及び 44 からなることができる。半導体層は、図1及び4に示す何れかの多層接点によって接触させることができる。  $\text{GaN}$  デバイスの場合には、 $\text{Au}/\text{NiO}/\text{Al}$  または  $\text{Ni}/\text{Au}/\text{Rh}/\text{Al}$   $\text{p}$  接点及び  $\text{Ti}/\text{Al}$   $\text{n}$  接点を使用することが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の形態の断面図である。

【図2】p-GaN接点の場合に、接触抵抗及び順方向動作電圧対オーミック層の厚みがどのようにになっているかを示す図である。

【図3】p-GaN Au/NiO/Al接点の場合の、バス当たりの理論的吸収及び順方向動作電圧対Auの厚みを示す図である。

【図4】本発明の代替実施の形態を示す図である。

【図5】垂直電流LED構造を示す図である。

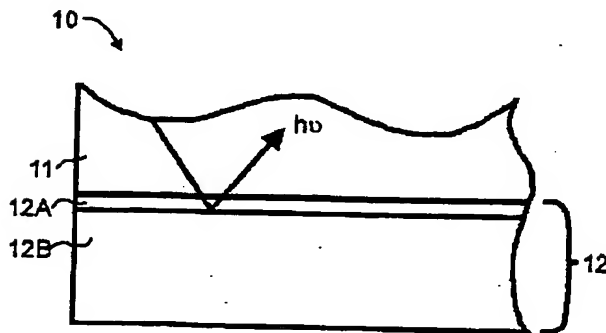
【図6】横方向電流LED構造を示す図である。

【符号の説明】

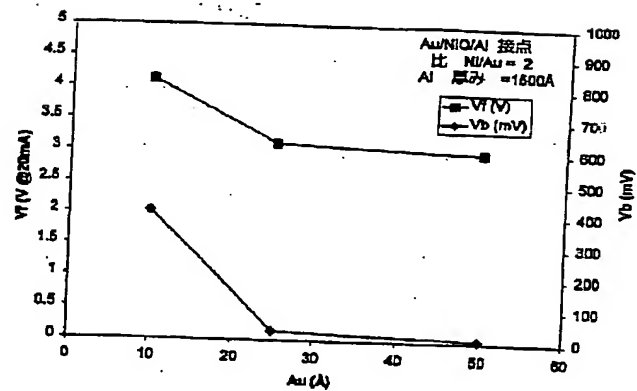
- 10 半導体デバイス
- 11 半導体構造
- 12 多層接点
- 12A オーミック層
- 12B 反射器層
- 20 半導体デバイス
- 22 多層接点

- \* 22A オーミック層
- 22B バリヤー層
- 22C 反射器層
- 30 LEDデバイス
- 31 上側接点
- 32 上側nまたはp型半導体層
- 33 光発生用活性領域
- 34 下側nまたはp型半導体層
- 36 オーミック層
- 10 37 バリヤー層
- 38 反射器層
- 40 LEDデバイス
- 41 基体
- 42 下側nまたはp型層
- 43 光発生用活性層
- 45、48 オーミック層
- 46、49 バリヤー層
- \* 47、50 反射器層

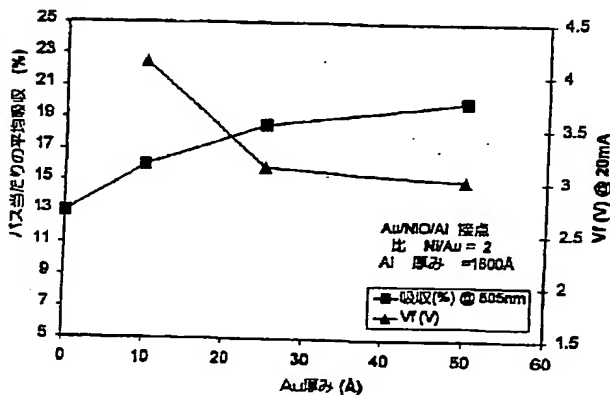
【図1】



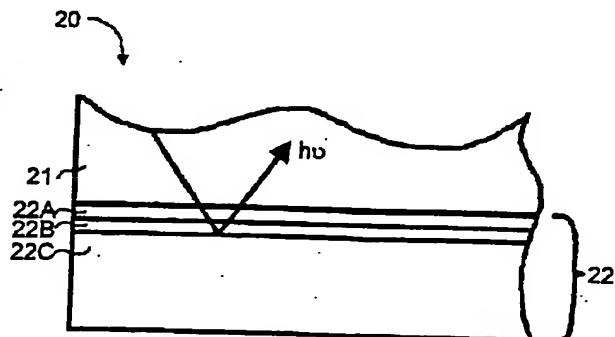
【図2】



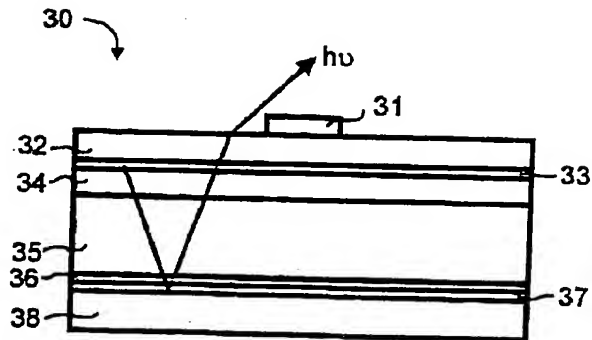
【図3】



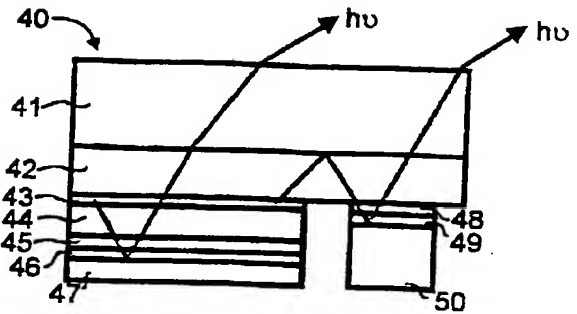
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 マイケル アール クレイマス  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94041 マウント ヴィュー フロント  
 レーン 550

(72)発明者 サージ エル ルダース  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94086 サニーヴェイル サンセット ア  
 ベニュー 382